

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-030535

(43)Date of publication of application : 03.02.1998

(51)Int.Cl.

F02P 5/15

(21)Application number : 08-183637

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 12.07.1996

(72)Inventor : TAKEYAMA SATORU

IWANO HIROSHI

TAKAGI YASUO

UCHIDA MASAOKI

NAGAISHI HATSUO

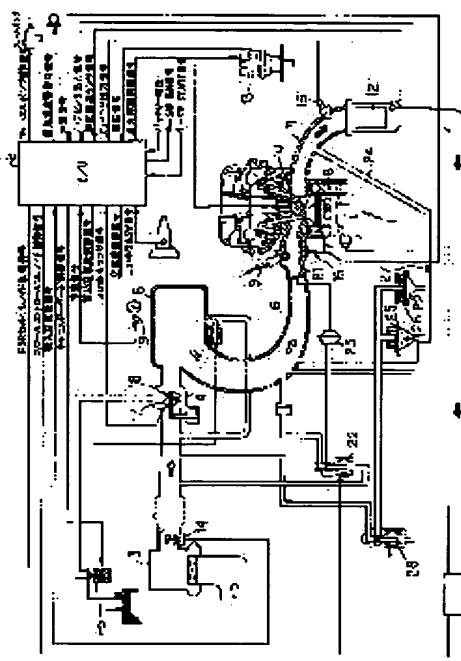
(54) IGNITION TIMING CONTROL DEVICE FOR ENGINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve control accuracy of MBT control without necessitating much adaptive experiment and without using new sensor by finding out a fundamental ignition timing in which MBT (a minimum ignition advancing value which is necessary for generating a maximum axial torque) is obtained, by an operation expression on the basis of filling efficiency.

SOLUTION: Output signals of a crank angle sensor 13, an air flow meter 14, an O₂ sensor 15, a throttle sensor 17 and the like are inputted into a control unit 2. A prescribed ignition delay time is added to a value divided an in-cylinder total gas weight by unburnt gas density fundamental value and laminar flow flame speed fundamental value, and also the value which its adding value is unit-converted into a crank angle is found out as a fundamental ignition timing which is obtained MBT.

At this time, an in-cylinder total gas weight is found out as a new air weight and the sum of a fuel weight and a self remaining gas weight, the new air weight is found out as a normal air density and the product of a stroke capacity and filling efficiency.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-30535

(43) 公開日 平成10年(1998) 2月3日

(51) Int.Cl.⁶

F 0 2 P 5/15

識別記号

庁内整理番号

F I

F 0 2 P 5/15

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平8-183637

(22) 出願日 平成8年(1996) 7月12日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 武山 哲

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72) 発明者 岩野 浩

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72) 発明者 高木 靖雄

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(74) 代理人 弁理士 後藤 政喜 (外1名)

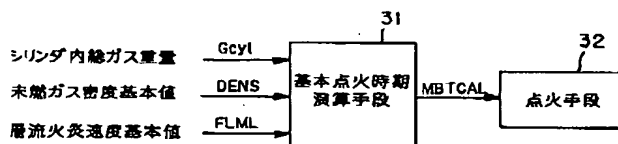
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンジンの点火時期制御装置

(57) 【要約】

【課題】 多大な適合実験を必要とせずかつ新たにセンサを用いることもなく、MBT制御の制御精度を高める。

【解決手段】 シリンダ内総ガス重量Gcylを未燃ガス密度基本値DENSおよび層流火炎速度基本値FLMLで割った値に所定の着火遅れ時間B1を加算し、この加算値をクランク角に単位変換した値をMBTの得られる基本点火時期として演算手段31が演算し、この基本点火時期で点火手段32が火花点火を行う。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリンダ内総ガス重量を未燃ガス密度基本値および層流火炎速度基本値で割った値に所定の着火遅れ時間を加算し、この加算値をクランク角に単位変換した値をMBTの得られる基本点火時期として演算する手段と、

この基本点火時期で火花点火を行う手段とを設けたことを特徴とするエンジンの点火時期制御装置。

【請求項2】 前記シリンダ内総ガス重量は新規空気重量と燃料重量と自己残留ガス重量の和であることを特徴とする請求項1に記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項3】 前記新規空気重量は標準空気密度と行程容積と充填効率の積であることを特徴とする請求項2に記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項4】 ほぼ理論空燃比の得られる基本噴射量を演算する手段と、理論空燃比以外の空燃比で運転するための目標燃空比相当量を演算する手段と、この目標燃空比相当量で前記基本噴射量を補正する手段と、目標燃空比相当量で補正された基本噴射量の燃料をエンジンに供給する手段とを備える一方、前記目標燃空比相当量に応じて前記燃料重量を設定する手段を設けたことを特徴とする請求項2または3に記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項5】 充填効率とエンジン回転数に基づいて新気割合を演算し、この新気割合に基づいて前記自己残留ガス重量を演算することを特徴とする請求項2から4までのいずれか一つに記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項6】 EGRを行うとき、前記筒内ガス総ガス重量は新規空気重量と燃料重量と自己残留ガス重量とEGRガス重量の和であることを特徴とする請求項1に記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項7】 前記新規空気重量は標準空気密度と行程容積と充填効率の積であることを特徴とする請求項6に記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項8】 ほぼ理論空燃比の得られる基本噴射量を演算する手段と、理論空燃比以外の空燃比で運転するための目標燃空比相当量を演算する手段と、この目標燃空比相当量で前記基本噴射量を補正する手段と、目標燃空比相当量で補正された基本噴射量の燃料をエンジンに供給する手段とを備える一方、前記目標燃空比相当量に応じて前記燃料重量を設定する手段を設けたことを特徴とする請求項6または7に記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項9】 充填効率とエンジン回転数に基づいて新気割合を演算し、この新気割合に基づいて前記自己残留ガス重量を演算することを特徴とする請求項6から8までのいずれか一つに記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項10】 設定EGR率に応じてEGRバルブを開くときその設定EGR率に比例して前記EGRガス重量を設定することを特徴とする請求項6から9までのい

2

れか一つに記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項11】 前記設定EGR率と実際のEGR率とのずれを表す補正係数により前記設定EGR率を補正することを特徴とする請求項10に記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項12】 前記層流火炎速度基本値は充填効率とエンジン回転数に応じた値であることを特徴とする請求項1から11までのいずれか一つに記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項13】 EGRを行うとき前記層流火炎速度基本値を減量補正することを特徴とする請求項1から12までのいずれか一つに記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項14】 ほぼ理論空燃比の得られる基本噴射量を演算する手段と、理論空燃比以外の空燃比で運転するための目標燃空比相当量を演算する手段と、この目標燃空比相当量で前記基本噴射量を補正する手段と、目標燃空比相当量で補正された基本噴射量の燃料をエンジンに供給する手段とを備える一方、前記目標燃空比相当量に応じた補正係数を演算する手段と、この補正係数で前記層流火炎速度基本値を減量補正する手段とを設けたことを特徴とする請求項1から13までのいずれか一つに記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項15】 リーン空燃比で運転するときスワールコントロールバルブを全閉位置にしてシリンダ内に強制的にスワールを生じさせる場合に、スワールコントロールバルブが全閉位置にあるとき前記層流火炎速度基本値を増量補正することを特徴とする請求項14に記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項16】 前記スワールコントロールバルブが全閉位置にない中間開度のときその中間開度に応じて前記増量補正された層流火炎速度基本値を減量修正することを特徴とする請求項15に記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項17】 前記層流火炎速度基本値をエンジンの暖機完了後に対して適合している場合に、エンジン暖機完了前には冷却水温に応じた補正係数で前記層流火炎速度基本値を減量補正することを特徴とする請求項1から16までのいずれか一つに記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項18】 前記未燃ガス密度基本値を充填効率に応じて設定することを特徴とする請求項1から17までのいずれか一つに記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項19】 ほぼ理論空燃比の得られる基本噴射量を演算する手段と、理論空燃比以外の空燃比で運転するための目標燃空比相当量を演算する手段と、この目標燃空比相当量で前記基本噴射量を補正する手段と、目標燃空比相当量で補正された基本噴射量の燃料をエンジンに供給する手段とを備える一方、前記目標燃空比相当量に応じた補正係数を演算する手段と、この補正係数で前記未

燃ガス密度基本値を減量補正する手段とを設けたことを特徴とする請求項1から18までのいずれか一つに記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項20】前記未燃ガス密度基本値をエンジンの暖機完了後に対して適合している場合に、エンジン暖機完了前には冷却水温に応じた補正係数により前記未燃ガス密度基本値を減量補正することを特徴とする請求項1から19までのいずれか一つに記載のエンジンの点火時期制御装置。

【請求項21】シリンダより離れた位置の吸入空気量と回転数に基づいて基本噴射量を演算する手段と、この基本噴射量の加重平均値を演算する手段と、この加重平均値の燃料をエンジンに供給する手段とを備える一方、前記加重平均値を100%の充填効率に相当する加重平均値で割った値を前記充填効率として設定する手段を設けたことを特徴とする請求項3、5、7、9、12、18のいずれか一つに記載のエンジンの点火時期制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はエンジンの点火時期制御装置、特に最大の軸トルクを発生するのに必要な最小点火進角値（いわゆるMBT）となるように点火時期を制御するものに関する。

【0002】

【従来の技術】いわゆる三元触媒方式（排気管に三元触媒を設けておき、HC、CO、NO_xに対する三元触媒の転化率が最も良好となる理論空燃比へと空燃比を制御する方式）があり、この三元触媒方式において、負荷と回転数をパラメータとする基本点火時期のマップを、コントロールユニット内のメモリに記憶させておくとともに、実際の負荷と回転数を検出する手段からの信号をコントロールユニットに入力させ、そのときの負荷と回転数に応じた基本点火時期を上記のマップを検索することで求め、その求めた基本点火時期で点火コイルの一次電流を遮断（パワートランジスタへのベース電流を遮断）することにより、点火を行うものが実用化されている（平成4年4月 株式会社 山海堂 発行『新カーエレクトロニクス』第37頁～第40頁参照）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記の基本点火時期には燃費向上の観点よりMBTの近傍の値が採用されることが一般的である。この場合に、MBT制御の制御精度を向上させようとするれば、負荷と回転数をパラメータとする基本点火時期のマップを予め適合しておかなければならないので、多くの適合実験が必要となる。特に、リーンバーンシステム（リーン運転条件の成立時に理論空燃比よりリーン側の空燃比で運転し、リーン運転条件の非成立時には理論空燃比あるいは出力空燃比で運転するシステム）やEGR装置を備える場合においてリーン運転領域と非リーン運転領域とで、あるいはEG

R中とEGRカット時とで基本点火時期のマップを使い分けるようにしたのは、適合実験の数がマップ数に比例して増大し、マップを格納しておくためのメモリ容量も大きくなってしまう。

【0004】このため特開平2-245450号公報では、シリンダに臨んで設けた圧力センサによりシリンダ内圧力の上昇割合を検出し、このシリンダ内圧力の上昇割合が最大となるときのクランク角が、予め設定した目標値と一致するように基本点火時期の上記マップ値を補正することによって、多大な適合実験を行うことなくMBT制御精度を向上させるようにしている。

【0005】しかしながら、このものでは圧力センサを設ける必要があるためコストが増加し、また圧力センサの耐久性に問題がある。

【0006】そこで本発明は、吸入空気量とエンジン回転数より得られる充填効率に基づいた演算式によりMBTの得られる基本点火時期を求めることにより、多大な適合実験を必要とせずかつ新たにセンサを用いることなく、MBT制御の制御精度を高めることを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】第1の発明では、図17に示すように、シリンダ内総ガス重量G_{cyl}を未燃ガス密度基本値DENSおよび層流火炎速度基本値FLMLで割った値に所定の着火遅れ時間B₁を加算し、この加算値をクランク角に単位変換した値をMBTの得られる基本点火時期として演算する手段31と、この基本点火時期で火花点火を行う手段32とを設けた。

【0008】第2の発明では、第1の発明において前記シリンダ内総ガス重量G_{cyl}が新規空気重量G_{air}と燃料重量G_{fuel}と自己残留ガス重量G_{reg}の和である。

【0009】第3の発明では、第2の発明において前記新規空気重量G_{air}が標準空気密度ρ₀と行程容積V_{cyl}と充填効率ITACの積である。

【0010】第4の発明では、第2または第3の発明において図18に示すようにほぼ理論空燃比の得られる基本噴射量T_pを演算する手段41と、理論空燃比以外の空燃比で運転するための目標燃空比相当量TFBYA₀を演算する手段42と、この目標燃空比相当量TFBYA₀で前記基本噴射量T_pを補正する手段43と、目標燃空比相当量TFBYA₀で補正された基本噴射量T_pの燃料をエンジンに供給する手段44とを備える一方、前記目標燃空比相当量TFBYA₀に応じて前記燃料重量G_{fuel}を設定する手段45を設けた。

【0011】第5の発明では、第2から第4までのいずれか一つの発明において充填効率ITACとエンジン回転数Nに基づいて新気割合ITANを演算し、この新気割合ITANに基づいて前記自己残留ガス重量G_{reg}を演算する。

【0012】第6の発明では、第1の発明においてEG

Rを行うとき、前記筒内ガス総ガス重量 G_{cyl} が新規空気重量 G_{AIR} と燃料重量 G_{FUEL} と自己残留ガス重量 G_{REG} とEGRガス重量 G_{EGR} の和である。

【0013】第7の発明では、第6の発明において前記新規空気重量 G_{AIR} が標準空気密度 ρ_0 と行程容積 V_{cyl} と充填効率 I_{TAC} の積である。

【0014】第8の発明では、第6または第7の発明において図18に示すようにほぼ理論空燃比の得られる基本噴射量 T_p を演算する手段41と、理論空燃比以外の空燃比で運転するための目標燃空比相当量 T_{FBYA0} を演算する手段42と、この目標燃空比相当量 T_{FBYA0} で前記基本噴射量 T_p を補正する手段43と、目標燃空比相当量 T_{FBYA0} で補正された基本噴射量 T_p の燃料をエンジンに供給する手段44とを備える一方、前記目標燃空比相当量 T_{FBYA0} に応じて前記燃料重量 G_{FUEL} を設定する手段45を設けた。

【0015】第9の発明では、第6から第8までのいずれか一つの発明において充填効率 I_{TAC} とエンジン回転数 N に基づいて新気割合 I_{TAN} を演算し、この新気割合 I_{TAN} に基づいて前記自己残留ガス重量 G_{REG} を演算する。

【0016】第10の発明では、第6から第9までのいずれか一つの発明において設定EGR率 $RATE_{EGR}$ に応じてEGRバルブを開くときその設定EGR率 $RATE_{EGR}$ に応じて前記EGRガス重量 G_{EGR} を設定する。

【0017】第11の発明では、第10の発明において前記設定EGR率と実際のEGR率とのずれを表す補正係数により前記設定EGR率を補正する。

【0018】第12の発明では、第1から第11までのいずれか一つの発明において前記層流火炎速度基本値 F_{LML} が充填効率 I_{TAC} とエンジン回転数 N に応じた値である。

【0019】第13の発明では、第1から第12までのいずれか一つの発明においてEGRを行うとき前記層流火炎速度基本値 F_{LML} を減量補正する。

【0020】第14の発明では、第1から第13までのいずれか一つの発明において図19に示すようにほぼ理論空燃比の得られる基本噴射量 T_p を演算する手段41と、理論空燃比以外の空燃比で運転するための目標燃空比相当量 T_{FBYA0} を演算する手段42と、この目標燃空比相当量 T_{FBYA0} で前記基本噴射量 T_p を補正する手段43と、目標燃空比相当量 T_{FBYA0} で補正された基本噴射量 T_p の燃料をエンジンに供給する手段44とを備える一方、前記目標燃空比相当量 T_{FBYA0} に応じた補正係数 $RMDHS2$ を演算する手段51と、この補正係数 $RMDHS2$ で前記層流火炎速度基本値 F_{LML} を減量補正する手段52とを設けた。

【0021】第15の発明では、第14の発明においてリーン空燃比で運転するときスワールコントロールバルブを全閉位置にしてシリンダ内に強制的にスワールを生

じさせる場合に、スワールコントロールバルブが全閉位置にあるとき前記層流火炎速度基本値 F_{LML} を増量補正する。

【0022】第16の発明では、第15の発明において前記スワールコントロールバルブが全閉位置にない中間開度のときその中間開度に応じて前記増量補正された層流火炎速度基本値 F_{LML} を減量修正する。

【0023】第17の発明では、第1から第16までのいずれか一つの発明において前記層流火炎速度基本値 F_{LML} をエンジンの暖機完了後に対して適合している場合に、エンジン暖機完了前には冷却水温に応じた補正係数 $TWHOS2$ で前記層流火炎速度基本値 F_{LML} を減量補正する。

【0024】第18の発明では、第1から第17までのいずれか一つの発明において前記未燃ガス密度基本値 D_{ENS} を充填効率 I_{TAC} に応じて設定する。

【0025】第19の発明では、第1から第18までのいずれか一つの発明において図20に示すように、ほぼ理論空燃比の得られる基本噴射量 T_p を演算する手段41と、理論空燃比以外の空燃比で運転するための目標燃空比相当量 T_{FBYA0} を演算する手段42と、この目標燃空比相当量 T_{FBYA0} で前記基本噴射量 T_p を補正する手段43と、目標燃空比相当量 T_{FBYA0} で補正された基本噴射量 T_p の燃料をエンジンに供給する手段44とを備える一方、前記目標燃空比相当量 T_{FBYA0} に応じた補正係数 $RMDHS1$ を演算する手段61と、この補正係数 $RMDHS1$ で前記未燃ガス密度基本値 D_{ENS} を減量補正する手段62とを設けた。

【0026】第20の発明では、第1から第19までのいずれか一つの発明において前記未燃ガス密度基本値 D_{ENS} をエンジンの暖機完了後に対して適合している場合に、エンジン暖機完了前には冷却水温に応じた補正係数 $TWHOS1$ により前記未燃ガス密度基本値 D_{ENS} を減量補正する。

【0027】第21の発明では、第3、第5、第7、第9、第12、第18のいずれか一つの発明において図21に示すようにシリンダより離れた位置の吸入空気量と回転数に基づいて基本噴射量 T_p を演算する手段71と、この基本噴射量 T_p の加重平均値 A_{vtp} を演算する手段72と、この加重平均値の燃料をエンジンに供給する手段73とを備える一方、前記加重平均値 A_{vtp} を100%の充填効率に相当する加重平均値で割った値を充填効率 I_{TAC} として設定する手段74を設けた。

【0028】

【発明の効果】シリンダ内総ガス重量を未燃ガス密度基本値および層流火炎速度基本値で割った値はシリンダ内の未燃ガスのすべてに火炎が達する時間（燃焼時間）であり、第1の発明では、この燃焼時間に所定の着火遅れ時間を加えた値をクランク角単位に換算することによって、MBTの得られる基本点火時期を決定している。こ

のため、たとえば層流火炎速度基本値が一定のときは、シリンダ内総ガス重量が多くなるほど燃焼に要する時間が長くなるので、そのぶんMBTの得られる基本点火時期が進角側に、またシリンダ内総ガス重量が一定のときは層流火炎速度基本値が多くなるほど燃焼に要する時間が短くなり、そのぶんMBTの得られる基本点火時期が遅角側に移動する。

【0029】このように第1の発明では演算式によりMBTの得られる基本点火時期を得ているので、三元触媒方式で基本点火時期のマップを用いた従来のMBT制御方式と比較して、少ない実験によりMBT演算式の適合が可能である。第1の発明ではリーンバーンシステムかつEGRありの条件のときでも、その中で特定の代表点を測定するだけで適合が可能となるのである。つまり従来の実験では格子上のすべての点で測定する必要があるが、代表点だけで適合が可能であるところに本発明の効果がある。この結果、開発期間を短縮化することができるとともに、MBT演算に用いるメモリが削減されるため低コスト化が可能である。また、圧力センサが不要であるためコストも安く、信頼性が高くなる。

【0030】第4と第8の各発明では、目標燃空比相当量が1より小さくなってリーン空燃比で運転されるときに目標燃空比相当量に応じて燃料重量を設定するだけで、リーン空燃比で運転するときにも同じ演算式によりリーン運転時にMBTの得られる基本点火時期が演算されることから、リーン運転時と非リーン運転時とで基本点火時期のマップを使い分けようとする場合と比較して、少ない実験によりMBT演算式の適合が可能であり、開発期間を短縮化することができるとともに、MBT演算に用いるメモリが削減されるため低コスト化が可能である。

【0031】第10の発明では、設定EGR率に応じてEGRバルブを開くときその設定EGR率に応じてEGRガス重量を設定するだけで、EGRを行うときにも同じ演算式によりEGR中にMBTの得られる基本点火時期が演算されることから、EGR中とEGRカット時とで基本点火時期のマップを使い分けようとする場合と比較して、少ない実験によりMBT演算式の適合が可能であり、開発期間を短縮化することができるとともに、MBT演算に用いるメモリが削減されるため低コスト化が可能である。

【0032】第10の発明では設定EGR率と実際のEGR率とのずれを表す補正係数により設定EGR率を補正するので、設定EGR率と実際のEGR率との間にずれがあっても、EGR中にMBTの得られる基本点火時期が精度良く演算される。

【0033】第12の発明では、層流火炎速度基本値が充填効率とエンジン回転数に応じた値であるので、充填効率や回転数に関係なく、精度良く層流火炎速度を求めることができる。

【0034】層流火炎速度基本値をEGRを行わない場合に適合している場合に、EGRを行う場合にも同じ値の層流火炎速度基本値を用いたのでは、火炎速度を火炎速度を速めに見積もることになり、MBTから外れてしまうのであるが、第13の発明ではEGRを行うとき層流火炎速度基本値を減量補正するので、EGRを行う場合でも精度良く層流火炎速度を与えることができ、これによって、MBTから外れることがない。

【0035】層流火炎速度基本値を理論空燃比の雰囲気かつエンジンの暖機完了後に対して適合した場合に、エンジン暖機完了後でも目標燃空比相当量が1より小さくなってリーン空燃比で運転されるときあるいは目標燃空比相当量が1より大きくなって出力空燃比で運転されるときのように空燃比が理論空燃比を外れるときには火炎速度が遅くなり、また理論空燃比の雰囲気でもエンジン暖機完了前においては火炎速度が遅くなる。したがって、リーン空燃比での運転時など空燃比が理論空燃比より外れるときやエンジン暖機完了前にも層流火炎速度基本値をそのまま用いたのでは、実際より火炎速度を速めに見積もることになり、MBTから外れてしまうのであるが、第14の発明では目標燃空比相当量に応じた補正係数により空燃比が理論空燃比より外れるときに層流火炎速度基本値を減量補正し、また第17の発明では冷却水温に応じた補正係数によりエンジン暖機完了前に層流火炎速度基本値を減量補正するので、リーン運転時など空燃比が理論空燃比を外れるときやエンジン暖機完了前でも精度良く層流火炎速度を与えることができ、これによって、MBTから外れることがない。

【0036】リーン空燃比で運転するときスワールを生じさせると火炎速度が大きくなるので、スワールコントロールバルブにより強制的にスワールを生じさせるときにまで層流火炎速度基本値をそのまま用いたのでは、実際より火炎速度を速めに見積もることになり、MBTから外れてしまうのであるが、第15の発明ではスワールコントロールバルブが全閉位置にあるとき前記層流火炎速度基本値を増量補正するので、スワールコントロールバルブによりシリンダ内に強制的にスワールを生じさせる場合にも、精度良く火炎速度を与えることができ、これによって、MBTから外れることがない。

【0037】増量補正される層流火炎速度基本値をスワールコントロールバルブの全閉状態で適合している場合に、スワールコントロールバルブが全開位置や全開位置へと到る途中の中間開度にあるときにまで同じ値をそのまま用いたのでは、スワールによる火炎速度の改善分を実際より大きく見積もることになり、MBTから外れてしまうのであるが、第16の発明では、増量補正される層流火炎速度基本値を、スワールコントロールバルブが全開位置にない中間開度のときその中間開度に応じて減量修正するので、スワールコントロールバルブが全開位置にない中間開度にあるときでも精度良くスワールによ

る火炎速度の改善分を与えることができ、これによってMBTから外れることがない。

【0038】第18の発明では、未燃ガス密度基本値を充填効率に応じて設定するので、充填効率に関係なく、未燃ガス密度を精度良く求めることができる。

【0039】未燃ガス密度基本値DENSも、上記の層流火炎速度基本値FLMLと同様に、理論空燃比の雰囲気かつエンジン暖機完了後に対して適合した場合に、エンジン暖機完了後でも目標燃空比相当量が1より小さくなってリーン空燃比で運転されるときあるいは目標燃空比相当量が1より大きくなって出力空燃比で運転されるときのように空燃比が理論空燃比を外れるときには未燃ガス密度が小さくなり、また理論空燃比の雰囲気でもエンジン暖機完了前においては未燃ガス密度が小さくなるので、リーン空燃比での運転時など空燃比が理論空燃比より外れるときやエンジン暖機完了前にも未燃ガス密度基本値をそのまま用いたのでは、実際より未燃ガス密度を大きめに見積もることになり、MBTから外れてしまうのであるが、第19の発明ではリーン空燃比での運転時など空燃比が理論空燃比より外れたとき目標燃空比相当量に応じた補正係数で未燃ガス密度基本値を減量補正し、また第20の発明では冷却水温に応じた補正係数でエンジン暖機完了前に未燃ガス密度基本値を減量補正するので、リーン空燃比での運転時など空燃比が理論空燃比を外れるときやエンジン暖機完了前でも精度良く未燃ガス密度を与えることができ、これによって、MBTから外れることがない。

【0040】スロットルバルブをステップ的に開いたとき、スロットルバルブ上流を流れる空気量がこれに応じてステップ的に増えても、吸気管のボリュームによりシリンダに流入する空気量は一次遅れでしか増えることができないため、スロットルバルブ上流などシリンダより離れた位置で検出される吸入空気量に基づいて基本噴射量を演算し、この基本噴射量を100%の充填効率に相当する基本噴射量で割った値を充填効率として設定したのでは、実際の充填効率との間に誤差を生じるのであるが、第21の発明では、シリンダより離れた位置の吸入空気量より得られる基本噴射量の加重平均値を100%の充填効率に相当する加重平均値で割った値を充填効率として設定するので、シリンダより離れた位置で吸入空気量を検出していても、精度良く充填効率を求めることができる。

【0041】

【発明の実施の形態】図1において、1は4バルブエンジンの本体で、吸入空気はエアクリーナ3からスロットル部4、吸気マニフォールドのコレクタ5、分岐部6、さらにプライマリ、セカンダリの各吸気バルブ7を通してシリンダ8に供給される。燃料は、運転条件に応じて所定の空燃比となるようにコントロールユニット（図ではC/Uで略記）2よりの噴射信号に基づき燃料噴射弁

9からエンジンの吸気ポートに向けて噴射される。この噴射燃料はシリンダ8内に流入する空気と交ざって混合気を形成し、混合気は点火プラグ10による火花点火によりシリンダ8内で燃焼する。シリンダ8内で燃焼したガスは排気管11より排出される。

【0042】コントロールユニット2にはディストリビュータ内蔵のクランク角センサ13からのRef信号（4気筒では180°ごと、6気筒では120°ごとに発生）と1°信号、エアフローメータ14からの吸入空気量信号、三元触媒12の上流側に設置したO₂センサ15からの空燃比（酸素濃度）信号、水温センサ16からの冷却水温信号、スロットルセンサ17からのスロットルバルブ18開度信号等が入力され、これらに基づいてコントロールユニット2では、吸入空気量Qとエンジン回転数Nとから基本噴射パルス幅Tpを演算するとともに、加減速時や始動時には壁流燃料に関する補正を行う。

【0043】コントロールユニット2ではまた、冷間始動時のエンジン安定性をよくしたり高負荷時の要求出力に応えるため目標燃空比相当量TFBYA0を用いて燃料補正を行うほか、トランスミッションのギヤ位置センサ（図示しない）からのギヤ位置信号、車速センサ19からの車速信号等に基づいて運転状態を判断しながら条件に応じてリーン空燃比と理論空燃比との制御を行う。排気管11には三元触媒12が設置され、理論空燃比の運転時に最大の転換効率をもって、排気中のNO_xの還元とHC、COの酸化を行う。この三元触媒12はリーン空燃比のときはHC、COは酸化するが、NO_xの還元効率は低い。しかしながら、空燃比がリーン側に移行すればするほどNO_xの発生量は少なくなり、所定の空燃比以上では三元触媒12で浄化するのと同じ程度にまで下げることができ、同時に、リーン空燃比になるほど燃費が改善される。したがって、負荷のそれほど大きくない所定の運転領域においては目標燃空比相当量TFBYA0を1.0より小さな値とすることによってリーン空燃比による運転を行い、それ以外の運転領域ではTFBYA0を1.0とすることにより空燃比を理論空燃比に制御するのである。

【0044】ところで、リーン空燃比の混合気を有効に燃焼させるには、シリンダ8内に強力なスワールを生成することが効果的であるため、吸気マニホルドの分岐部6内にスワールコントロールバルブ21を備える。スワールコントロールバルブ21は、その詳細は図示しないが、上半分がカットされているもののセカンダリ吸気バルブ側の端部がカットされずに一部残されており、スワールコントロールバルブ21を閉じると、吸気の流れが遅くなるのと同時にプライマリ吸気バルブ側からより多く流入するため、シリンダ8内に希薄混合気の火炎伝播を助ける強いスワールが生成される。

【0045】スワールコントロールバルブ21はコント

ロールユニット2からの信号により全開位置と全閉位置の2段階に制御され、エンジン暖機後のアイドル状態およびリーン空燃比領域で閉じられ、それ以外では開かれる。スワールコントロールソレノイド22は、スワールコントロールバルブ21と連結されるダイヤフラムアクチュエータ23の負圧作動室に対して、大気圧と吸入負圧を切換導入するための三方切換弁で、コントロールユニット2からの信号がOFF状態のときは負圧作動室にスロットルバルブ18上流の大気圧を導入する。また、信号がON状態になると、通路を切換えて吸入負圧を負圧作動室に導入してスワールコントロールバルブ21を閉じるようになっている。

【0046】リーン空燃比による運転が燃費向上に効果的である理由は、ポンピングロスの低減と冷却損失の低減にあるが、この効果はさらにEGRを行うことで高めることができるため、排気管11と吸気マニフォールドを連通する通路24にEGRバルブ25を備える。EG*

$$Q_e = C \times A \times (P_1 - P_2)^{1/2}$$

ただし、P1：コントロールオリフィス27上流の排気圧力

A：コントロールオリフィス27の開口面積

C：流量係数

の式で示されるEGRガス流量 Q_e がEGRバルブ25を流れ、また高い排気圧力によってBPTバルブ26が完全に閉じた状態に張り付き、EGRバルブ25が全開状態となる領域になると、コントロールオリフィス27とEGRバルブ25の通気抵抗で決まる流量が流れる。

【0048】なお、EGRカットソレノイド28は、EGRバルブ25の負圧作動室に対して、大気圧と吸入負圧を切換導入するための三方切換弁で、コントロールユニット2からの信号がOFF状態のときは負圧作動室にスロットルバルブ17上流の大気圧を導入してEGRをカットする。また、信号がON状態になると、通路を切換えて吸入負圧を負圧作動室に導入する（EGR制御を行う）。

【0049】さて、負荷と回転数に応じた基本点火時期にMBTを採用することで、燃費を向上させることができるのであるが、負荷と回転数をパラメータとする基本点火時期のマップを予め適合しておかなければならない従来例では、MBT制御の制御精度を向上させようとすれば多くの適合実験が必要となる。特に、リーンバーンシステムやEGR装置を備える場合においてリーン運転領域と非リーン運転領域とで、あるいはEGR中とEGRカット時とで点火時期のマップを使い分けるようにしたのでは、適合実験の数がマップ数に比例して増大し、マ※

$$TFBYA0 = Dm1 + Ktw + Kas$$

ただし、Dm1：燃空比補正係数

Ktw：水温増量補正係数

Kas：始動後増量補正係数

の式により算出する。

*Rバルブ25はダイヤフラム式で、その負圧作動室に導かれる負圧と閉弁方向に付勢するダイヤフラムスプリングの付勢力とのバランスでバルブ開度が定まる。

【0047】BPT（バックプレッシャートランスデューサ）バルブ26は、コントロールオリフィス27下流の排気圧力P2が一定に保たれるようにEGRバルブ25の負圧作動室への制御負圧をフィードバック制御するためのもので、排気圧力P2がかりに上昇したとすると、BPTバルブ26のダイヤフラムがスプリングに抗して図で上方に押し上げられ、ダイヤフラムに固定されているシートと、このシートに対向する開口端の間の流路断面積が減少し、吸入負圧の大気での希釈割合が小さくなる（つまり負圧作動室への制御負圧が強くなる）。これにより、EGRバルブ開度が増し、排気圧力P2の上昇が抑えられる。このようにして、EGRバルブ25に作用する排気圧力P2がほぼ一定に保たれるとき（BPT制御域）、

… (1)

※ッ値を格納しておくためのメモリ容量も大きくなって

20 しまう。

【0050】このため、シリンダに臨んで設けた圧力センサによりシリンダ内圧力の上昇割合を検出し、このシリンダ内圧力の上昇割合が最大となるときのクランク角が、予め設定した目標値と一致するように点火時期の上記マップ値を補正することにより、多大な適合実験を行うことなくMBT制御精度を向上させるようにするものがあるが（特開平2-245450号公報参照）、このものでは圧力センサを設ける必要があるためコストが増加しかつ圧力センサの耐久性にも問題がある。これに対処するため本発明では、吸入空気量とエンジン回転数から得られる充填効率に基づいた演算式によりMBTの得られる基本点火時期を求める。

【0051】コントロールユニット2で実行されるこの制御の内容を、以下のフローチャートにしたがって説明する。

【0052】なお、本発明では点火時期を演算するに際して空燃比制御に出てくる一部の変数（後述する目標燃空比相当量TFBYA0とシリンダ空気量相当噴射パルス幅 A_{vtp} ）を用いるので、先に図2、図3、図4により空燃比制御を概説しておく。後述するマップやテーブルの検索はいずれも補間計算付きであるため、以下での説明は省略する。

【0053】図2のフローチャートは燃料噴射パルス幅を算出して出力する制御動作内容を示すもので、まずステップA)では目標燃空比相当量TFBYA0を、

… (2)

【0054】ここで、TFBYA0は1.0を中心とする値で、空燃比をリッチ化したりリーン化するための値である。始動後増量補正係数Kasは冷却水温Twに応じた値を初期値として始動後時間とともに一定の割合で

減少し最終的に0となる値、また水温増量補正係数 K_{tw} は冷却水温 T_w に応じた値であり、冷間始動時(ただし $D_{ml}=1.0$)にはこれら増量補正係数 K_{as} 、 K_{tw} が0でない正の値を持ち、 $TFBYA_0$ が1.0より大きな値となるため、空燃比がリッチ側に制御されるのである。

【0055】一方、燃空比補正係数 D_{ml} は、図5または図6の特性のマップに設定した燃空比 M_{dml} を検索した上、空燃比の切換時には所定のダンパ操作を行わせて求めるのであり、この場合リーン運転条件かどうかによりいずれかのマップが選択される。

【0056】ここで、リーン運転条件の判定について図3、図4のフローチャートにしたがって説明する。

【0057】これらの動作はバックグランドジョブとして行われるもので、図3のステップA)でリーン条件の判定を行うが、このための具体的な内容は図4に示す。リーン条件の判定は図4のステップA)～F)の内容を一つずつチェックすることにより行い、各項目のすべてが満たされたときにリーン運転を許可し、一つでも反するときはリーン運転を禁止する。

【0058】すなわち、
ステップA)：空燃比(酸素)センサが活性化している、
ステップB)：エンジンの暖機が終了している、
ステップC)：負荷(T_p あるいは A_{vtp})が所定のリーン領域にある、
ステップD)：回転数(N)が所定のリーン領域にある、
ステップE)：ギヤ位置が2速以上にある、

$$A_{vtp} = T_p \times \text{Load} + A_{vtp-1} \times (1 - \text{Load}) \dots (3)$$

ただし、 Load ：加重平均係数

A_{vtp-1} ：前回の A_{vtp}

の式により、 T_p を加重平均した値をシリンダ空気量相当噴射パルス幅 A_{vtp} [ms]として求める。スロットルバルブをステップ的に開いたとき、エアフロメータ部ではこれに応じてステップ的に空気流量が増えても、吸気管のボリュームによりシリンダに流入する空気流量は一次遅れでしか増えることができないため、エアフロメータにより検出した空気流量に対する燃料量をシリンダ近傍の噴射弁より噴いたのでは空燃比がリッチ※40

$$T_i = (A_{vtp} + K_{athos}) \times TFBYA_0 \times \alpha \times 2 + T_s \dots (4)$$

ただし、 K_{athos} ：過渡補正量

α ：空燃比フィードバック補正係数

T_s ：無効噴射パルス幅

の式により燃料噴射弁9に与える燃料噴射パルス幅 T_i [ms]を計算する。

【0065】(4)式の K_{athos} は壁流燃料を考慮した値(A_{vtp} に相当する燃料量のすべてがシリンダに流入するのではなく、一部が壁流燃料となるため即座にシリンダに流入できない)、 α は制御空燃比が理論空

*ステップF)：車速が所定の範囲にある、
ときに、ステップG)でリーン運転を許可し、そうでなければステップH)に移行してリーン運転を禁止する。上記のステップA)～F)は運転性能を損なわずに安定してリーン運転を行うための条件である。

【0059】このようにしてリーン条件を判定したら、図3のステップC)、D)に戻り、リーン条件でないときは、ステップC)によって理論空燃比あるいはそれよりも濃い空燃比のマップ値(マップ燃空比)を、図6に示す特性のマップを回転数 N と負荷 T_p とで検索することにより算出し、これに対してリーン条件のときは、ステップD)で理論空燃比よりも所定の範囲だけ薄い値のマップ燃空比 M_{dml} を図5に示す特性のマップにしたがって同じように検索する。なお、これらのマップに表した数値は、理論空燃比のときを1.0とする相対値であるため、これよりも数値が大きければリッチ、小さければリーンを示す。

【0060】なお、目標燃空比相当量 $TFBYA_0$ が1.0以外の値となって働くときにも空燃比フィードバック制御を行うと、空燃比をリッチ側やリーン側の値にすることができなくなるので、このときには空燃比フィードバック制御を停止している(α のクランプ)。

【0061】図2に戻り、ステップB)でエアフロメータの出力を A/D 変換し、リニアライズして吸入空気流量 Q を算出する。そしてステップC)でこの吸入空気流量 Q とエンジン回転数 N とから、ほぼ理論空燃比の得られる基本噴射パルス幅 T_p [ms]を、 $T_p = K \times Q / N$ として求める。なお K は定数である。

【0062】ステップD)では

※になるので、これを避けるため、 T_p の加重平均値を求めることによって、過渡時にも、ほぼ理論空燃比の混合気をシリンダに流入させようというのである。

【0063】(3)式の加重平均係数 Load は、回転数 N および行程容積 V_{cyl} との積 $N \cdot V_{cyl}$ と吸気管の総流路面積 A_a から所定のマップを参照して求める。なお、 A_a はスロットルバルブ17の流路面積にアイドル調整弁やエアレギュレータの流路面積を足したものである。

【0064】ステップE)では

燃比を中心とするいわゆるウィンドウに収まるようにO₂センサ出力に基づいて演算される値、 T_s は噴射弁9が噴射信号を受けてから実際に開弁するまでの作動遅れを補償するための値である。また、(4)式はシーケンシャル噴射(4気筒ではエンジン2回転毎に1回、各気筒の点火順序に合わせて噴射)の場合の式であるため、数字の2が入っている。なお、(4)式での $TFBYA_0$ と α の単位は無名数であるが、ロジック上は $TFBYA_0$ 、 α とも[%]の単位としている。

15

【0066】次にステップF)で燃料カットの判定を行い、ステップH)、I)で燃料カット条件ならば無効噴射パルス幅 T_s を、そうでなければ T_i を噴射実行用の出力レジスタにストアすることでクランク角センサの出力にしたがって所定の噴射タイミングでの噴射に備える。

【0067】噴射の実行は Ref 信号の入力をトリガとする割込み処理(図示しない)により行われる。各気筒の噴射タイミングで対応する気筒の燃料噴射弁が T_i の期間だけ開かれるわけである。

*10

$$ITAC = (Avtp / Avtp100) \quad \dots (5)$$

ただし、 $Avtp100$:100%の充填効率に相当する $Avtp$

の式により充填効率 $ITAC$ を計算する。 $Avtp100$ は適合固定値(1データ)である。なお、(5)式で※

$$FUELG = TFBYA0 / 14.5 \quad \dots (6)$$

の式により燃料重量相当係数 $FUELG$ を計算する。たとえば理論空燃比のときは $FUELG = 1.0 / 14.5$ となり、リーン空燃比のときは、 $1.0 / 14.5$ より小さな値となる。なお(6)式において $FUELG$ の単位は無名数であるが、ロジック上も無名数である。

【0072】ステップC)ではシリンダ内ガス重量(新規空気重量 G_{AIR} と自己残留ガス重量 G_{REG} との合計)と新規空気重量 G_{AIR} の比である新気割合 $ITAN$ を計算する。具体的には充填効率 $ITAC$ と回転数 N より所定のマップを検索して求める。同様に、ステップD)では充填効率 $ITAC$ より図9を内容とするテーブルを検索して未燃ガス密度基本値 $DENS$ を、またステップE)では充填効率 $ITAC$ と回転数 N より図10を内容とするマップを検索して層流火炎速度基本値 $FLML$ を★30

$$SCVTF = (SCADMP \times SCVK + 1.0) \quad \dots (7)$$

ただし、 $SCVK$:適合係数

の式によりスワール修正係数 $SCVTF$ を計算する。

【0075】スワール修正係数 $SCVTF$ は、スワールコントロールバルブ21の全開時に乱れが強くなることによって火炎速度が速くなる割合を表す値である。この値は、スワールコントロールバルブ開度により定まるので、図11に示したようにスワールコントロールバルブ21が全閉位置で1、全開位置で0となり、中間の開度では線形補間により計算される値をスワールコントロールバルブ開度係数 $SCADMP$ として用いている。

【0076】(7)式の適合係数 $SCVK$ は一定値である。この $SCVK$ の値はエンジンの吸気ポートの形状に☆

$$EGRC = RATEGR \times \text{補正係数}$$

の式により修正EGR値 $EGRC$ を計算する。

【0079】ここで、 $RATEGR$ の定義は
 $RATEGR = ERG \text{ガス流量} / (\text{新規空気流量} + ERG \text{ガス流量})$

であり、この値を排圧方式のEGR装置について予め定めている。

16

*【0068】以上で空燃比制御の概説を終える。

【0069】図7、図8のフローチャートは点火装置に与える点火進角値 ADV を算出して出力する制御動作内容を示すもので、10msジョブで実行する。なお、点火進角値 ADV には圧縮上死点前のクランク角 $[^\circ BTD C]$ を用いている。

【0070】ステップA)では、図2のステップD)により得ているシリンダ空気量相当噴射パルス幅 $Avtp$ を用いて

※の $ITAC$ の単位は無名数であるが、ロジック上は $[\%]$ の単位である。

【0071】ステップB)では図2のステップA)で得ている目標空燃比相当量 $TFBYA0$ を用いて

★求める。なお、層流火炎速度はガスが静止している場合の火炎伝播速度、すなわち流動(乱れ)がない場合の火炎伝播速度のことである。

【0073】ここで、図9に示すように未燃ガス密度基本値 $DENS$ は $ITAC$ が大きくなるにつれて大きくなる値である。図10のように層流火炎速度基本値 $FLML$ は回転数が一定の条件では $ITAC$ が大きくなるほど大きくなり、また $ITAC$ が一定のときは回転数が高くなるほど大きくなる値である。

【0074】ステップF)ではスワールコントロールバルブ開度より図11を内容とするテーブルを検索してスワールコントロールバルブ開度係数 $SCADMP$ を求め、ステップG)において、

☆よって異なるので、エンジン毎に適合する必要がある。

【0077】図8のステップH)では、冷却水温 T_w より図12、図13を内容とするテーブルを検索して水温補正係数 $TWHOS1$ 、 $TWHOS2$ を、またステップI)では目標空燃比相当量 $TFBYA0$ より図14、図15を内容とするテーブルを検索して当量比補正係数 $RMDHS1$ 、 $RMDHS2$ を求める。

【0078】図8に進み、ステップJ)では充填効率 $ITAC$ (あるいは α -N流量 Q_{h0})と回転数 N より所定のマップを検索して設定EGR率 $RATEGR$ を求め、ステップK)において

$$\dots (8)$$

【0080】(8)式の補正係数は一定値で、実際のEGR率と設定EGR率 $RATEGR$ とのずれを示す値である。この値はEGR装置やエンジンによって異なるので、エンジン毎に適合しなければならない。

【0081】ステップL)では

17

18

$$MASSC=ITAC$$

$$\times (1.0 + EGRC + FUELG + (1 - ITAN) / ITAN)$$

… (9)

の式によりシリンダ内総ガス質量（正確には単位シリンダ容積当たりの値である）MASSCを計算する。

【0082】(9)式において、右辺第2項、第3項、第4項はそれぞれEGR、空燃比、自己残留ガスがシリンダ内ガス重量に及ぼす影響を考慮したものである。*

$$G_{cyl} = G_{AIR} + G_{EGR} + G_{FUEL} + G_{REG}$$

… (a)

ただし、 G_{AIR} ：新規空気重量

G_{EGR} ：EGRガス重量

G_{FUEL} ：燃料重量

10※ G_{REG} ：自己残留ガス重量となる。

※【0085】ここで、(a)式の各重量は、

$$G_{AIR} = \rho_0 \times V_{cyl} \times ITAC$$

… (b)

ただし、 ρ_0 ：標準空気密度

V_{cyl} ：行程容積

$$G_{EGR} = G_{AIR} \times EGRC$$

… (c)

$$G_{FUEL} = G_{AIR} \times FUELG$$

… (d)

$$G_{REG} = G_{AIR} \times (1 - ITAN) / ITAN$$

… (e)

($\because ITAN = G_{AIR} / (G_{AIR} + G_{REG})$) であるか

★【0086】

ら、これらを(a)式に代入して整理する。★

$$G_{cyl} = \rho_0 \times V_{cyl} \times ITAC$$

$$\times (1 + EGRC + FUELG + (1 - ITAN) / ITAN)$$

… (f)

(f)式において、

$$A1 = \rho_0 \times V_{cyl} \text{ (一定値)}$$

… (g)

$$MASSC = ITAC$$

$$\times (1 + EGRC + FUELG + (1 - ITAN) / ITAN)$$

… (h)

とおけば、(h)式により上記の(9)式が得られた。

☆ジン毎に適合しなければならない。

【0087】ここで、 $A1$ (100% η_c のときのシリンダ内空気重量を意味する) は一定値で、この値はエン☆30

【0088】次にステップM) では

$$FLV = FLML \times RMDHS2 \times TWHOS2$$

$$\times (1 - A2 \times EGR0)$$

$$+ FLMT \times SCVTF \times A3$$

… (10)

ただし、 $A2$ ：火炎速度補正係数

$A3$ ：火炎速度補正変数

$EGR0$ ：EGR補正係数

$FLMT$ ：乱流火炎速度基本値（固定値）

の式により火炎速度 FLV を計算する。

【0089】(10)式において右辺第1項はスワールがないときの火炎速度、右辺第2項はスワールによる火炎速度の改善分である。

【0090】まず右辺第1項において、 $RMDHS2$ は空燃比（目標空燃比相当量 $TFBYA0$ ）が層流火炎速度に与える影響を、また $TWHOS2$ は冷却水温 T_w が層流火炎速度に与える影響をそれぞれ考慮するものである。層流火炎速度基本値 $FLML$ は理論空燃比の雰囲気（つまり $TFBYA0 = 1.0$ のとき）かつエンジンの暖機完了後（つまり冷却水温がほぼ60℃以上）に対して適合した値であるため、エンジン暖機完了後でも空燃比が理論空燃比を外れたときは火炎速度が遅くなり（実

験で確認している）、また理論空燃比の雰囲気でもエンジン暖機完了前においては火炎速度が遅くなる。したがって、空燃比が理論空燃比より外れるときやエンジン暖機完了前にも $FLML$ をそのまま用いたのでは、実際より火炎速度を速めに見積もることになり、MBTから外れてしまう。そこで、図15に示したように空燃比が理論空燃比より外れるときは $RMDHS2$ により $FLML$ を減量補正し、また図13のようにエンジン暖機完了前は $TWHOS2$ により $FLML$ を減量補正することで、空燃比が理論空燃比を外れるときやエンジン暖機完了前でも精度良く層流火炎速度を与えることができ、これによって、MBTから外れることがないのである。

【0091】次に、右辺第1項のEGR補正係数 $EGR0$ はEGRを行うときに必要となる値で、設定EGR率と新気割合より算出する。EGR中はEGRカット時より火炎速度が遅くなるため $EGR0$ により火炎速度を減量補正するのである。係数 $A2$ は一定値でエンジン毎に

適合する。

【0092】右辺第2項の層流火炎速度基本値FLMTはスワールコントロールバルブ21の全閉状態で点火時期のフィッシュフック実験（一定回転、一定スロットル開度において、最適点火時期（MBT）を求めるため、点火時期を変化させて最大トルク発生点を確認する実験のこと）を行って定めた値（固定値）であるため、スワールコントロールバルブ21が全閉位置や全開位置へと到る途中の中間開度にあるときにまでFLMTをそのまま用いたのでは、スワールによる火炎速度の改善分を、*10

$$ROU = DENS \times RMDHS1 \times TWHOS1 \quad \dots (11)$$

の式により未燃ガス密度ROUを計算する。

【0094】(11)式においてTWHOS1は冷却水温Twが未燃ガス密度に与える影響を、またRMDHS1は空燃比（目標燃空比相当量TFBYA0）が未燃ガス密度に与える影響を考慮するものである。未燃ガス密度基本値DENSも、上記の層流火炎速度基本値FLMLと同様に、理論空燃比の雰囲気（つまりTFBYA0=1.0のとき）かつエンジン暖機完了後（つまり冷却水温がほぼ60℃以上）に対して適合した値であるため、エンジン暖機完了後でも空燃比が理論空燃比を外れたときは未燃ガス密度が小さくなり（この点も実験により確認している）、また理論空燃比の雰囲気でもエンジン暖機完了前においては未燃ガス密度が小さくなる。し※

$$MBTCAL = \{B1 + A1 \times MASSC / (ROU \times FLV)\} \times B2 - B3$$

ただし、B1：着火遅れ時間

B2：時間よりクランク角への換算変数

B3：MBTCAL演算用クランク角補正係数

の式によりMBT演算値であるMBTCAL [° BTDC] 30 C]を計算する。

【0096】燃焼時のシリンダ内圧力が最大となるクランク角位置が圧縮上死点後所定のクランク角（10ないし15°）の位置にくるように設定したときの点火進角値がMBTである。この場合に、従来例ではMBTを基本点火時期として採用し、負荷と回転数をパラメータとする基本点火時期のマップを適合実験により予め求めておくのに対して、本発明は演算式によりMBTを定量化したものである。

【0097】(12)式においてシリンダ内総ガス重量 40 であるA1×MASSCを未燃ガス密度ROUと火炎速度FLVの積で割った値はシリンダ内の未燃ガスのすべてに火炎が達する時間（燃焼時間）で、ロジック上は[ms]の単位となる。この燃焼時間に着火遅れ時間B1[ms]を加えた値を換算変数B2によりクランク角単位に換算することによって、MBT得られる点火進角値を決定しているのである。

【0098】(12)式より火炎速度FLVが一定のときは、シリンダ内総ガス重量が多くなるほど燃焼に要する時間が長くなるので、そのぶんMBTCALの値が進 50

*実際より大きく見積もることになり、MBTから外れてしまう。そこで、図11に示したように、スワールコントロールバルブが全閉位置にない中間開度にあるときは、スワール修正係数SCVTFによりFLMTを減量補正することで、スワールコントロールバルブ21が全閉位置にない中間開度にあるときでも精度良くスワールによる火炎速度の改善分を与えることができ、これによってMBTから外れることがない。なお、変数A3は回転数Nに比例する値である。

【0093】ステップN)では

※たがって、空燃比が理論空燃比より外れるときやエンジン暖機完了前にもDENSをそのまま用いたのでは、実際より未燃ガス密度を大きめに見積もることになり、MBTから外れてしまう。そこで、図14に示したように空燃比が理論空燃比より外れるときはRMDHS1によりDENSを減量補正し、また図12のようにエンジン暖機完了前はTWHOS1によりDENSを減量補正することで、空燃比が理論空燃比を外れるときやエンジン暖機完了前でも精度良く未燃ガス密度を与えることができ、これによって、MBTから外れることがない。

【0095】このようにして、シリンダ内総ガス質量MASSC、火炎速度FLV、未燃ガス密度ROUを計算したら、これらを用いステップO)で

$$\dots (12)$$

角側に、またシリンダ内総ガス重量が一定のときは火炎速度FLVが速くなるほど燃焼に要する時間が短くなり、そのぶんMBTCALの値が遅角側に移動する。さらに燃焼に要する時間が一定であっても、その時間に対応するクランク角区間は回転数により変化し、回転数が速いほどMBTCALを進角側にしなければならないので、換算変数B2を回転数Nに比例させている。B1、B3は一定値で、エンジン毎に適合する。

【0099】このようにしてMBTCALを計算したら、このMBTCALをステップP)において点火進角値ADV [° BTDC]に移したあと、このADVの値をステップQ)で点火実行用の出力レジスタにストアすることで、クランク角センサの出力にしたがって所定の点火タイミングでの点火に備える。

【0100】噴射の実行と同様、点火実行もRef信号の入力をトリガとする割込み処理（図示しない）により行っている。Ref信号の立上がり（たとえば70° BTDC）より1° 信号をカウントするカウンタ値が70° - ADVと一致したとき点火コイルの一次電流が遮断される（つまり点火が行われる）のである。

【0101】ここで、本発明の作用を説明する。

【0102】基本点火時期のマップを用いた従来のMBT制御方式では、負荷と回転数の代表点に対応して多大な適合実験を必要とするのに対して、本発明では基本的

に吸入空気流量と回転数を用いた独自の演算式によりMBTの得られる点火進角値を得ているので、少ない実験によりMBT演算式の適合が可能であり、開発期間を短縮化することができるとともに、コントロールユニットのメモリが削減されるため低コスト化が可能である。

【0103】たとえば、従来の三元触媒方式と合わせるため、

①理論空燃比の雰囲気 (つまりTFBYA0=1.0の*

$$MASSC=ITAC$$

$$\times (1.0 + 1.0 / 14.5 + (1 - ITAN) / ITAN) \quad \dots (9a)$$

$$FLV=FLML \quad \dots (10a)$$

$$ROU=DENS \quad \dots (11a)$$

となり、MBTCALが

$$MBTCAL$$

$$= [B1 + A1 \times \{ITAC \times (1.0 + 1.0 / 14.5 + (1 - ITAN) / ITAN) \} / (DENS \times FLML)] \times B2 - B3 \quad \dots (12a)$$

の式により与えられる。

【0104】(12a)式においてITACはエンジンの負荷と回転数より得られる計算値、ITANはマップ値、DENSはテーブル値、残りのB1、A1、FLML、B2、B3はすべて一定値である。したがって、適合実験を行わなければならないのは、ITAN、DENS、B1、A1、FLML、B2、B3の各値である。この場合に、ITANの適合は、従来の基本点火時期のマップの適合ほどの実験数は必要でなく (ITANの測定は4×4=16点のデータで可)、またDENSは図9にも示したように、ITACに対して大きく変化する値でないため少ない実験で十分である。B1、A1、FLML、B2、B3は一定値であるため、これらにも多くの実験を必要としない。

【0105】また、本発明において、リーン空燃比で運転するときには、FUELGの計算とSCADMPTの簡単な検索を追加するだけで、同じMBTCALの演算式によりリーン運転時にMBTの得られる点火進角値が演算される。リーン空燃比での運転に加えてEGRをも行うときは、さらにEGRCの計算を追加するだけでこれまた同じMBTCALの演算式によりリーン運転時かつEGR中にMBTの得られる点火進角値が演算される。

【0106】このように、三元触媒方式で基本点火時期のマップを用いた従来のMBT制御方式あるいはリーンバーンシステムやEGR装置を備える場合においてリーン運転領域と非リーン運転領域とで、あるいはEGR中とEGRカット時とで基本点火時期のマップを使い分けるようにする場合と比較して、ITANの測定を含めても現在の約1/5の実験量でMBT演算式の適合が可能となる。本発明ではリーンバーンシステムかつEGRありの条件のときでも、その中で特定の代表点を測定する

*とき)、

②エンジン暖機完了後 (つまり冷却水温が80℃程度)

③EGRカット時

のすべての条件を満たす場合で考えると、このとき、EGRC=0、FUELG=1.0/14.5、RMDHS2=1、TWHOS2=1、EGR0=0、SCVTF=0、RMDHS1=1、TWHOS1=1であることよりMASSC、FLV、ROUがそれぞれ

だけで適合が可能となるのである。つまり従来の実験では格子上のすべての点で測定する必要があるが、代表点だけで適合が可能であるところに本発明の効果がある。実験によれば、本発明によるコントロールユニットのメモリ削減効果はリーンバーンシステムかつEGRありかつハイオクガソリン (あるいはレギュラーガソリン) 使用のエンジンの場合、従来に対し1/5であることが確かめている。

【0107】さらに、上記の(12)式によるMBT演算値がどの程度の精度をもっているかを知るため、上記の(12)式によるMBT演算値とMBT測定実験 (フィッシュフック実験と同意) による詳細なデータとの誤差のヒストグラムを示したのが図16である。同図より詳細なMBT測定実験データに対し、(12)式によるMBT演算値の平均誤差は1°~3°以内であり、最大誤差でも一部の領域を除き5°以内であり、MBT制御において十分な精度をもっていることがわかる。

【0108】また、圧力センサが不要であるためコストも安く、信頼性が高くなる。

【0109】実施形態では排圧コントロール方式のEGR制御装置で説明したが、これに限られない。

【0110】実施形態ではリーンバーンシステムかつEGR装置を備えるものについて説明したが、EGR装置を設けていないリーンバーンシステムやいわゆる三元触媒方式のものにも適用があることはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態の制御システム図である。

【図2】燃料噴射パルス幅を算出して出力する制御動作内容を説明するためのフローチャートである。

【図3】バックグランドジョブのフローチャートである。

【図4】リーン条件の判定を説明するためのフローチャ

ートである。

【図5】リーンマップの内容を示す特性図である。

【図6】非リーンマップの内容を示す特性図である。

【図7】点火進角値ADVの演算を説明するためのフローチャートである。

【図8】点火進角値ADVの演算を説明するためのフローチャートである。

【図9】未燃ガス密度基本値DENSの特性図である。

【図10】層流火炎速度基本値FLMLの特性図である。

【図11】スワールコントロールバルブ係数SCADMPの特性図である。

【図12】水温補正係数TWHOS1の特性図である。

【図13】水温補正係数TWHOS2の特性図である。

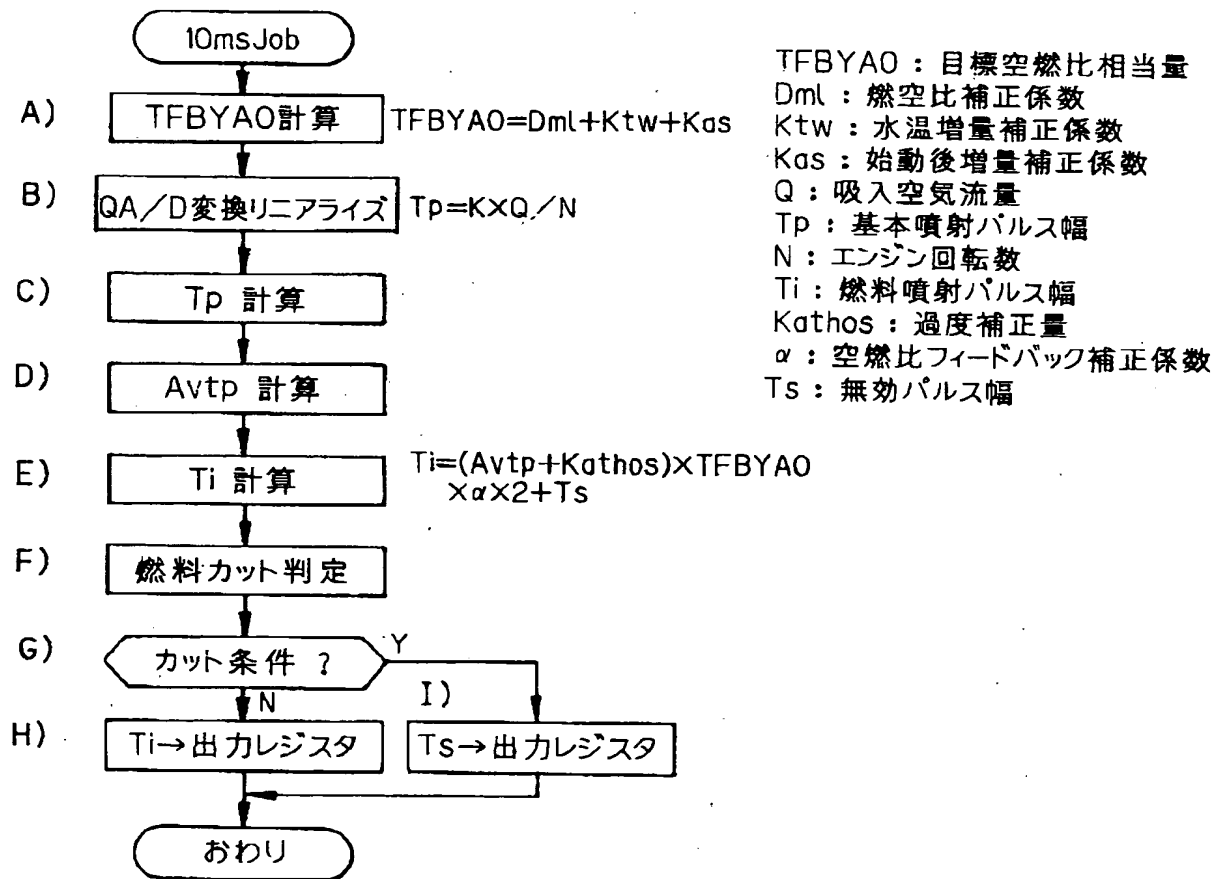
【図14】当量比補正係数RMDHS1の特性図である。

【図15】当量比補正係数RMDHS2の特性図である。

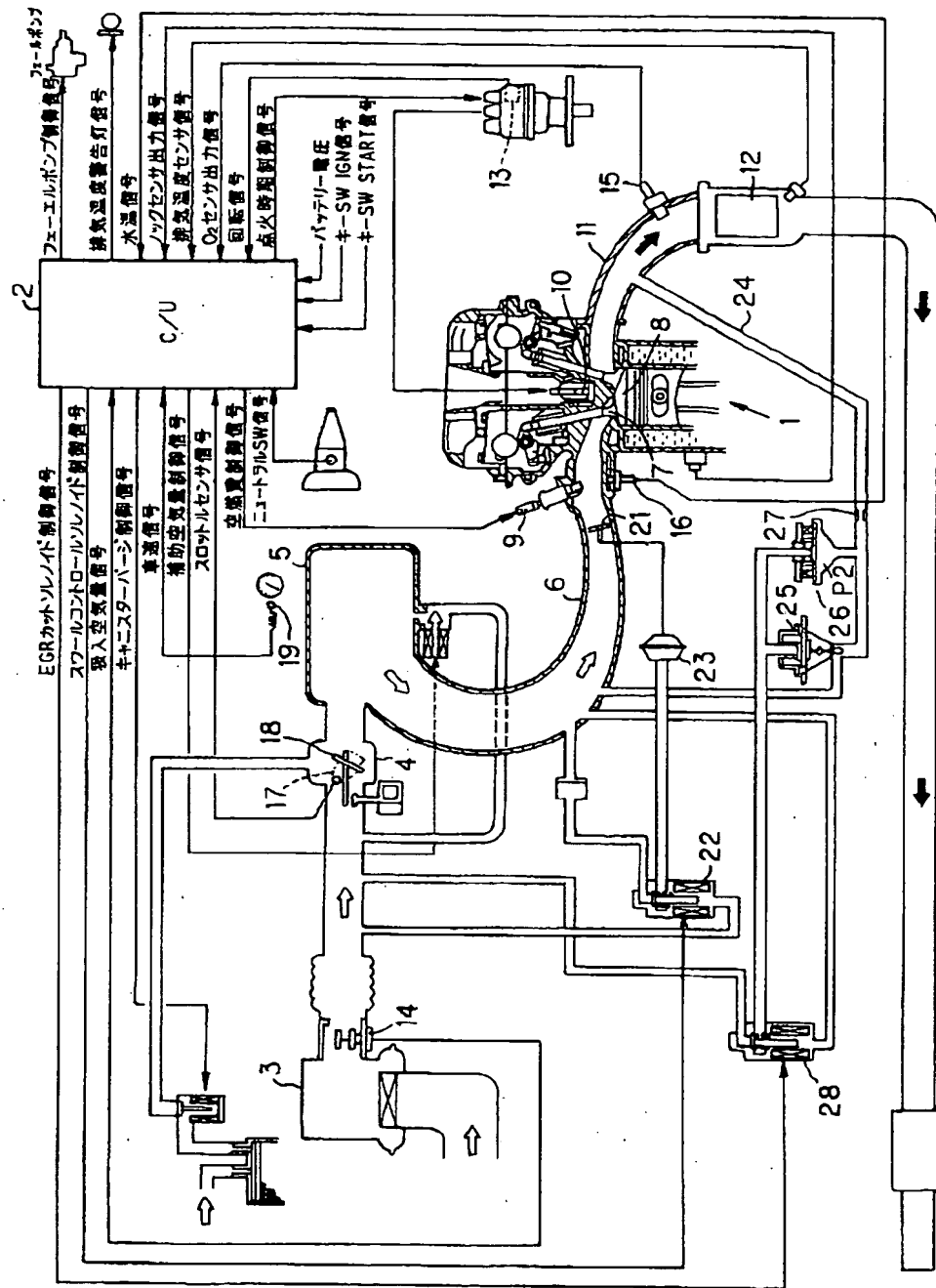
10 【符号の説明】

- 1 エンジン本体
- 2 コントロールユニット
- 9 燃料噴射弁
- 10 点火プラグ
- 21 スワールコントロールバルブ
- 25 EGRバルブ

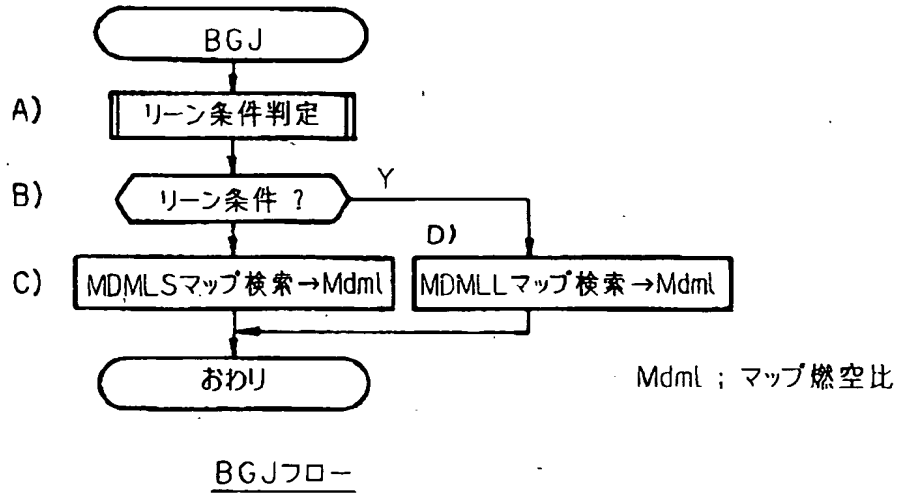
【図2】



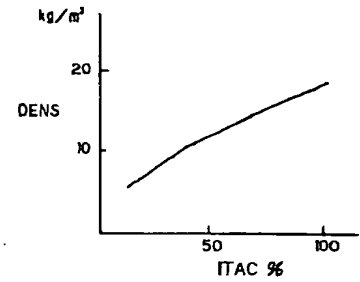
【図1】



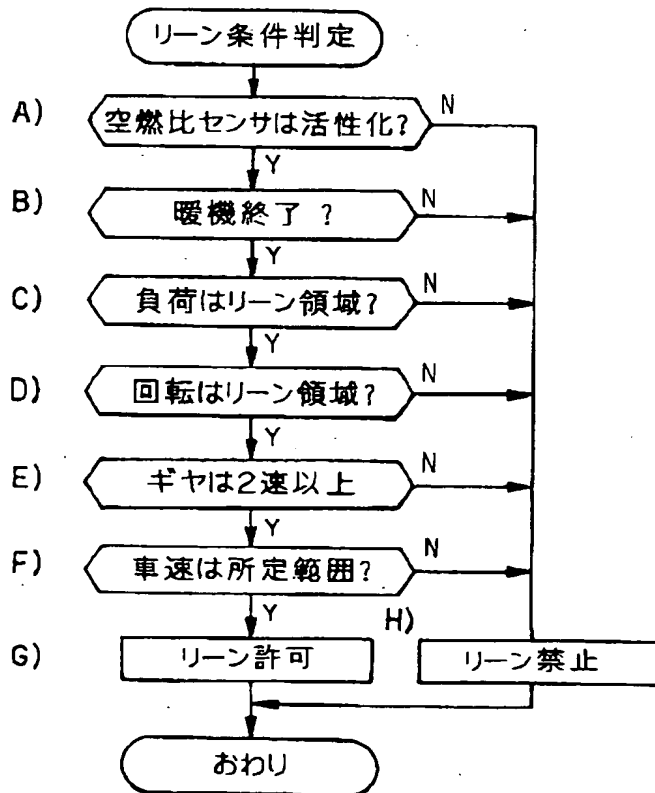
【図3】



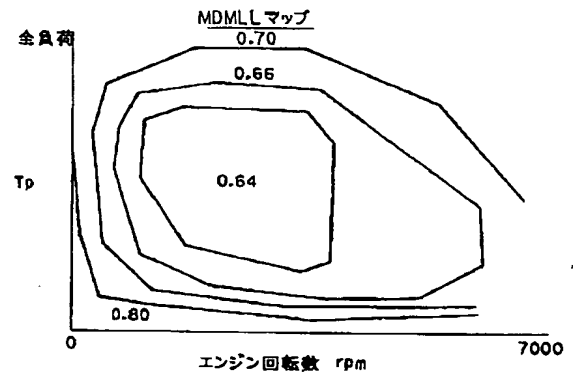
【図9】



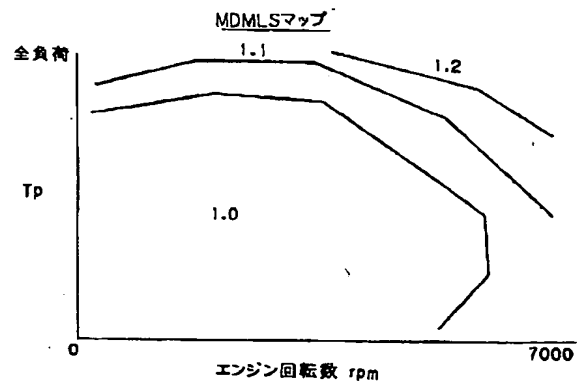
【図4】



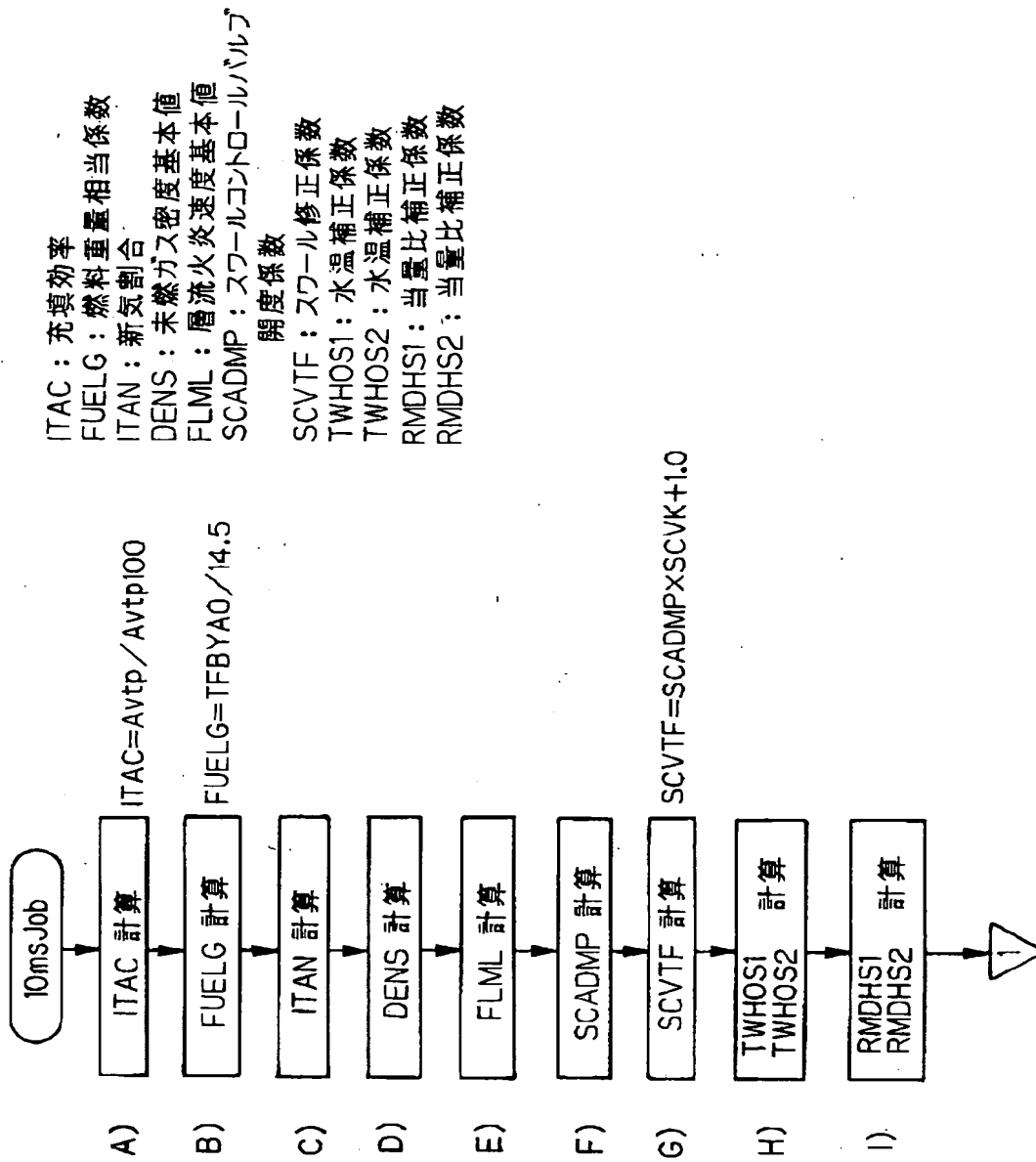
【図5】



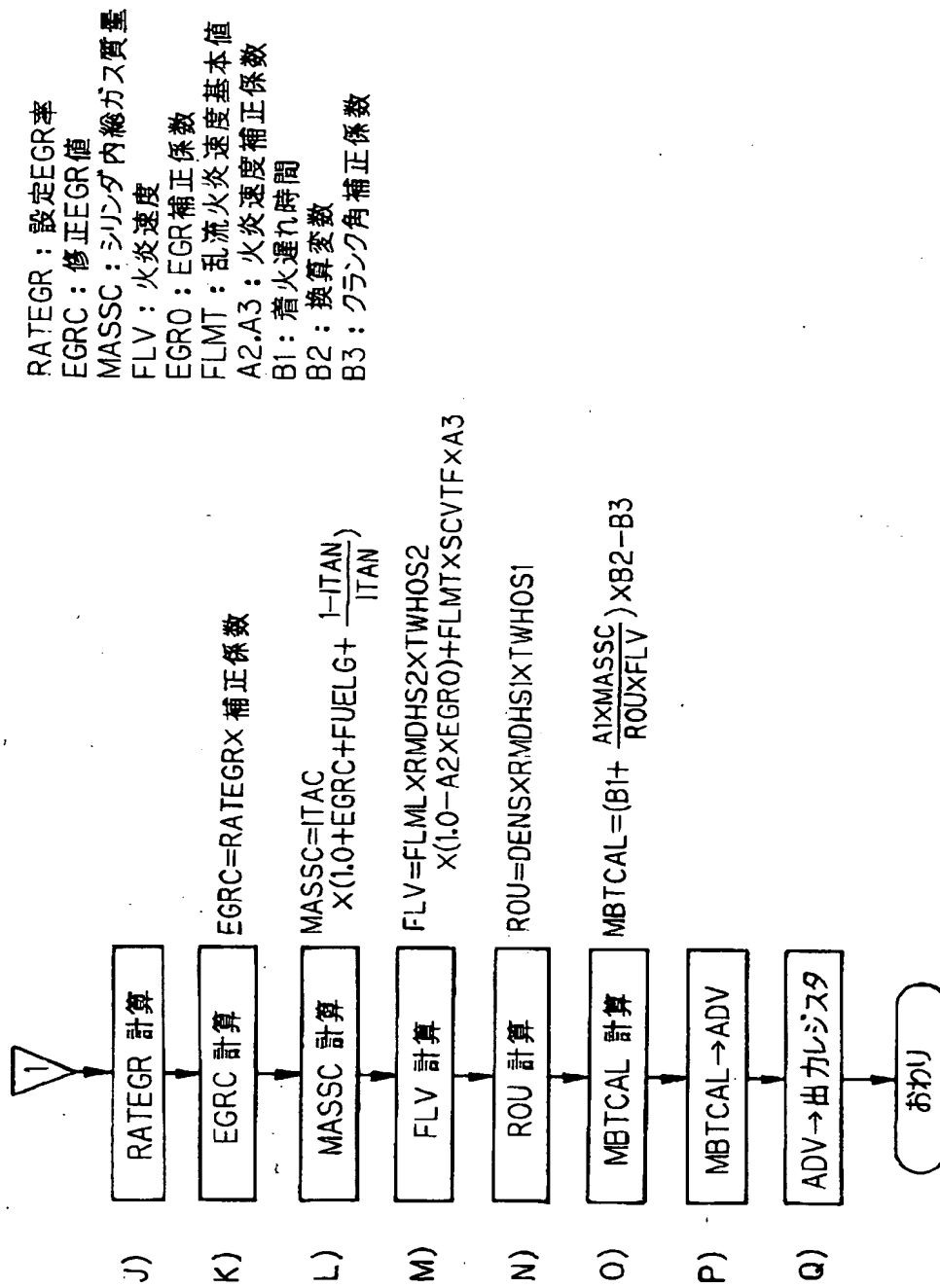
【図6】



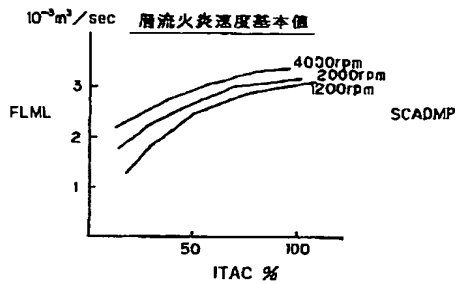
【図7】



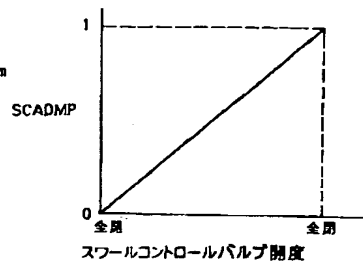
【図8】



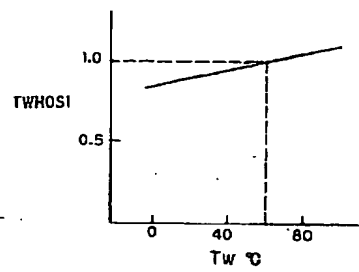
【図10】



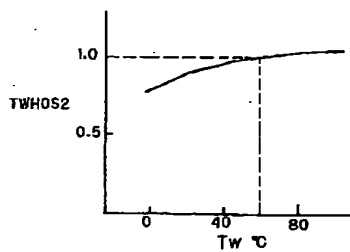
【図11】



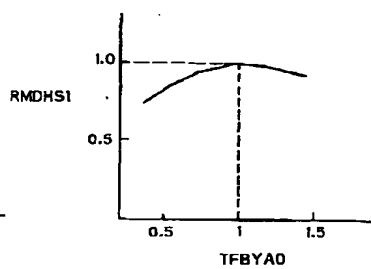
【図12】



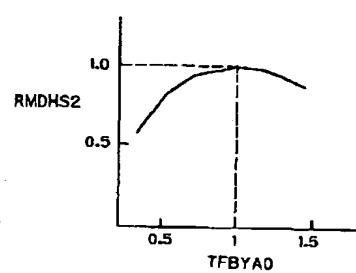
【図13】



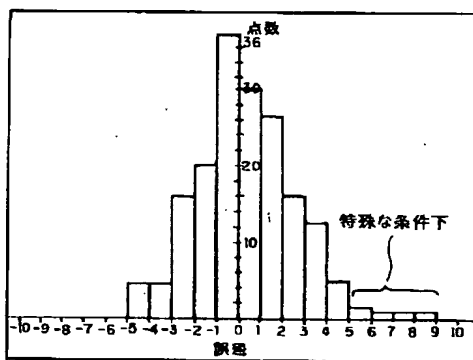
【図14】



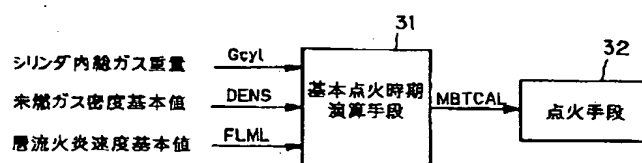
【図15】



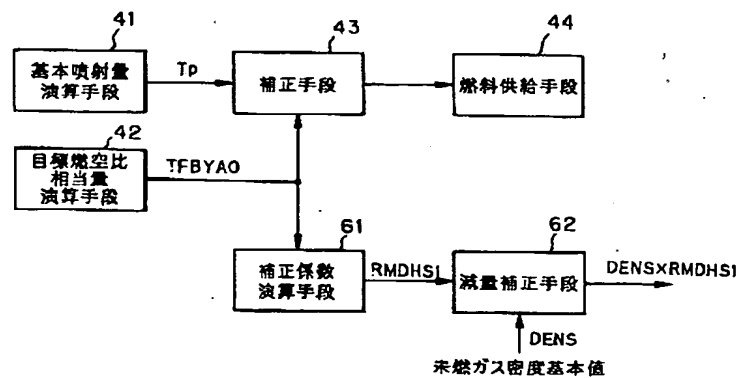
【図16】



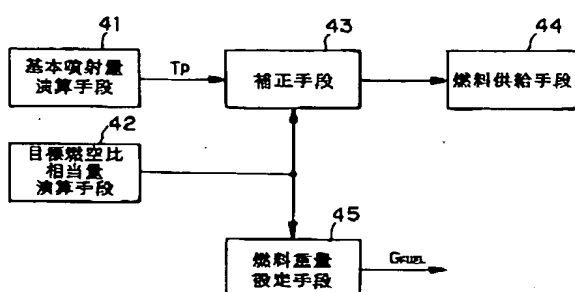
【図17】



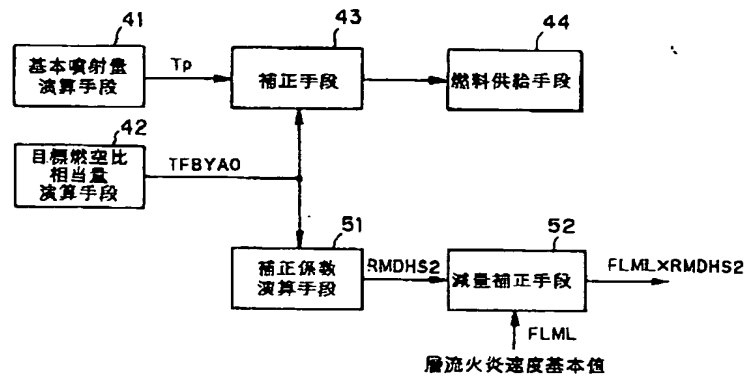
【図20】



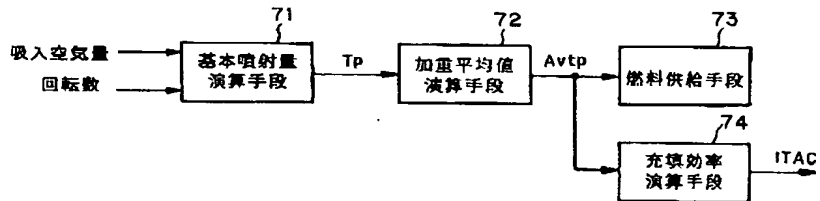
【図18】



【図19】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 内田 正明
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
 自動車株式会社内

(72)発明者 永石 初雄
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
 自動車株式会社内